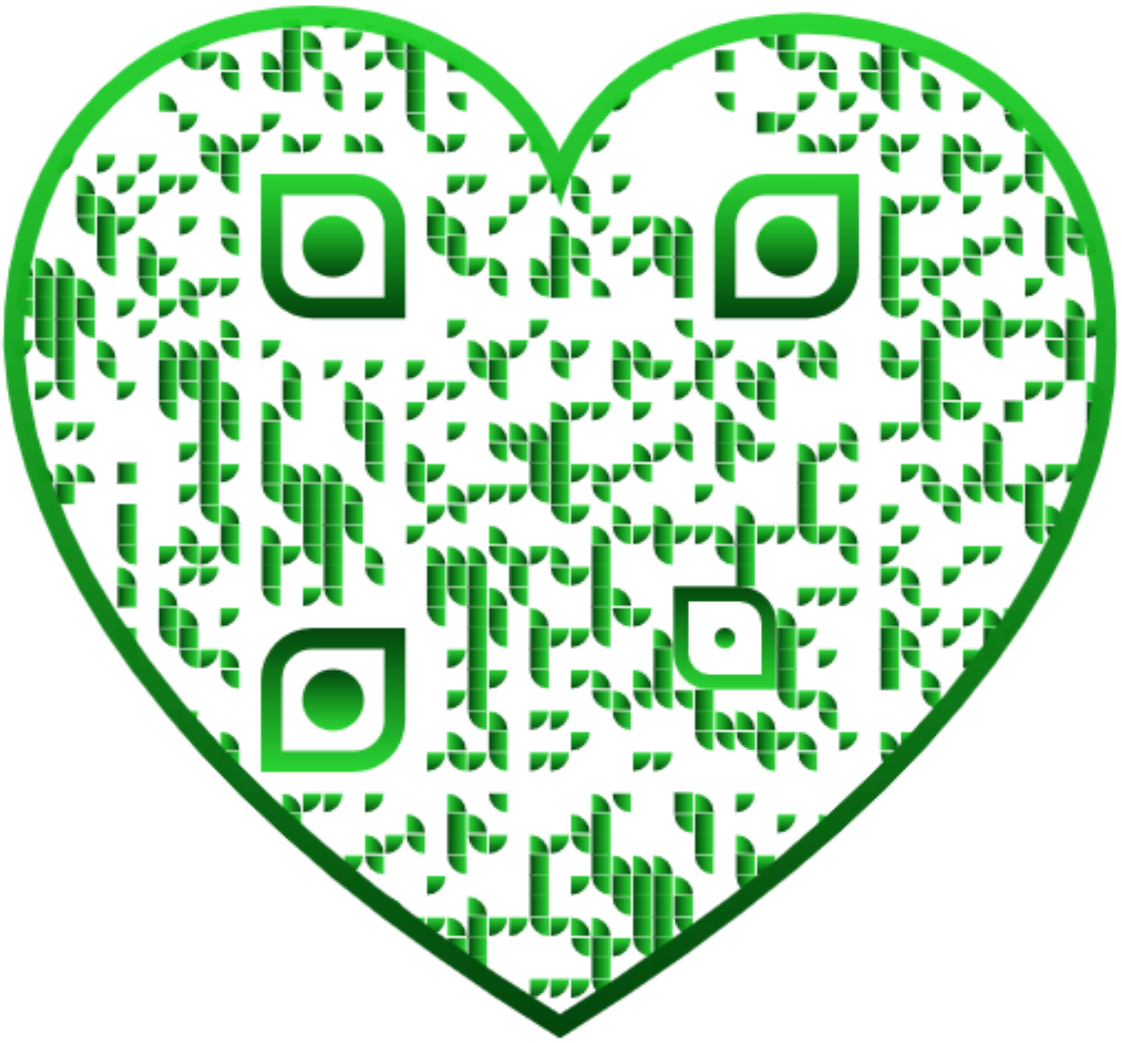
Les Fondations écologiques

Document technique rédigé par l'association ARDHEIA
http://ardheia.free.fr
ardheia(Arobase)gmail.com

SHOUT
SHARE
IT



Sommaire

1.PRÉSENTATION 3

2.CONNAÎTRE LE LIEU 3

Identification des premières couches du sol 4
Étude des échantillons de sol 4
Comprendre les résultats 4
Recherche de la profondeur de couche rocheuse 8
Identifier les influences climatiques du lieu 8

3.DIMENSIONNEMENT DES FONDATIONS 10

La profondeur 10
La largeur 11
Les problèmes de dimensionnement 12

4.ISOLATION, PONTS THERMIQUES, DRAINAGE DES FONDATIONS 14

Isolation des fondations 14
Le hérisson 14
Drainage des fondations 14

5.RÉALISATION DE FONDATIONS SIMPLES 16

Les fondations pour un vide sanitaire 16
Les fondations pour un sous sol 16
Les fondations pour une dalle flottante 16
Les fondations sur plots 17
Les fondations pour murs de soutènement (solage) 18
La cabane dans les arbres 20

6.TESTS D'IDENTIFICATION DE TERRE 21

Le test du pif 21
Le test du bocal 21
Le test du toucher 22
Le test du goût et de l'odeur 23
Le test du lavage de main 23
Le test d'adhérence à un couteau 24
Le test du rouleau de terre 24
Le test de la pâte à tarte 25

7.RÉFÉRENCES : 26

Livres 26

Ce document peut-être utilisé et reproduit largement.
Source : Association ARDHEIA.

1. Présentation

Les fondations fonctionnent sur le principe d'action/réaction. Elles permettent de transmettre les charges dans le sol et d'assurer ainsi une bonne stabilité de l'ouvrage. Elles permettent aussi de maîtriser les poussées du sol sur l'ouvrage pour éviter de le transformer trop vite en ruine. Elles ont aussi normalement pour rôle de limiter les remontée d'eau par capillarité, ou les stagnation d'humidité. Elles doivent aussi résister aux attaques des insectes, des rongeurs ou des plantes. Bref, les fondations améliorent grandement la longévité d'une construction.

Mais rassurez vous, aucun bâtiment n'est immortel. Ils finiront tous tôt ou tard par disparaître. Les mers montent et les falaises se déplacent. Les rochers s'érodent, et les cours d'eau ravinent. A cela, il faut rajouter les envies de l'homme pressé de rajouter partout des autoroutes creusant les montagnes et remblayant les précipices pour éviter les virages de sa vie. Les reliefs changent, les maisons en suivent les modifications.

Alors tout est une question de temps. Il faut adapter les fondations au temps de vie du bâtiment. Posons-nous quelques questions. La construction doit-elle essayer de résister aux prochains changements climatiques, à l'érosion naturelle, ou juste au 20 prochains hivers.

Et que veut dire « fondations écologiques »? L'utilisation du mot étant si critiquée de nos jours que nous ne nous arrêteront pas sur la réelle valeur écologiques des constructions proposées dans ce dossier. Voici simplement notre manière de les concevoir. Il en existe sûrement des plus écologiques. Affaire à suivre...

2. Connaître le lieu

La science des fondations est une science ingrate, très compliquée et souvent imprécise (on ignore le futur et ses conséquences sur les sols). Il existe un nombre impressionnant de techniques différentes de fondation : semelle, voûte sur pieux flottants, pieux en bois, puits de béton, injection chimique, radier dalle plate, radier champignon... Mais très peu de gens les connaissent toutes car certaines sont réservées aux cas particuliers (routes, voies ferrées, barrage, pont...). Les hommes du métier exigeront une étude de sol très coûteuse effectuée par un géotechnicien pour se prononcer (entre 1000 et 4000 € pour une étude classique). Mais même les méthodes professionnelles ont leurs failles, c'est pourquoi il en existe autant qu'il existe de types de fondations différentes.

Les techniques les plus courantes reposent sur l'analyse d'échantillons à différents profondeurs, ou sur des appareils qui testent directement le sol à des profondeurs différentes. Elles permettent de disposer ponctuellement de données sur la portance du sol, sur son homogénéité ou sur sa densité.

Mais dans la plupart des cas, elles ne sont pas nécessaires car la nature, l'histoire, ou les habitants d'un lieu apportent beaucoup de renseignements. Le constructeur d'autrefois agissait déjà ainsi, et si vos constructions sont à tailles humaines (et nous l'espérons), elles ne nécessitent pas plus. Il faut rajouter que la plupart des solutions écologiques utilisent des matériaux légers, qui ne nécessitent donc pas de fondations importantes

La première étape va être de connaître les caractéristiques techniques des premières couches du sol. Si ces couches sont de bonne qualité, on pourra donc réaliser des fondation dites « superficielles ». Si ces couches sont de mauvaise qualité, il faudra alors ou adapter la construction pour en faire une plus légère, ou aller chercher les caractéristiques techniques des couches de sol en profondeur, notamment la profondeur de la première couche pour faire ensuite des fondations dites « profondes ».

Identification des premières couches du sol

Il est intéressant de connaître les caractéristiques de son sol environ 1 m sous les fondations. Dans la pratique, il ne faut vraiment pas avoir de chance pour que les propriétés du sol se dégradent brutalement. 30 cm sont donc suffisants mais il n'y a aucun inconvénient à tester sur plus profond.

Si la maison que vous voulez construire n'a pas de sous-sol, vous pouvez faire un trou à la main. Sa profondeur sera celle du hors gel, 30 ou 40 cm (pour connaître la profondeur hors gel, se reporter à la partie du dimensionnement). La profondeur du trou sera donc entre 60 cm et 1m 30. En général, un diamètre de trou double à la profondeur est bien pratique. Si vous remarquer des changements de nature du sol important dans le trou, vous pouvez en prendre plusieurs échantillons, sinon, seul le dernier est important.

Étude des échantillons de sol

Recueillir de la terre (1 à 2 kg) au fond du trou par creusement horizontal (ne pas mélanger avec la terre qui s'éboule) pour réaliser un ou plusieurs des tests suivants. Ils sont classés par ordre de préférence.

- Le test du pif, il est rapide et efficace pour repérer les sols grenus.
- Le test du bocal, il permet d'obtenir assez rapidement la composition du sol.
- Le test du toucher, il permet d'identifier grossièrement un sol.
- Le test du goût et de l'odeur, il permet d'identifier grossièrement un sol.
- Le test du lavage des mains.
- Le test d'adhérence à un couteau.
- Le test du rouleau de terre, évalue la consistance.
- Le test de la pâte à tarte, presque identique au précédent, mais moins connu

La procédure de chacun de ces tests est précisée en annexe.

Ces tests peuvent aussi servir par la suite de renseignements pour réaliser des parois terre, des enduits terre...

Dans le monde professionnel, les échantillons prélevés sont enveloppés dans de la cire pour conserver leur états hydrique, on le conserve dans le même état de compactage en le gardant dans des containers rigides le protégeant des coups, et on indique aussi le haut de l'échantillon. Toutes ces complications ne servent que pour les laboratoires où les échantillons sont testés par machine. Ils ne nous concernent pas.

Comprendre les résultats

Le gravier, les cailloux

Ils sont facilement reconnaissables par leur diamètre supérieur à 2 mm. Ils limitent les remontées d'eau par capillarité, c'est pourquoi ils sont utilisés dans les hérissons. Ils limitent aussi le retrait des liants qui les entourent, comme par exemple la terre ou le béton. Attention, s'ils ont des formes arrondies, il faut se méfier, cela peut vouloir dire qu'ils ont été transportés par les cours d'eau, et donc que le terrain risque d'être très hétérogène, et que la nappe d'eau peut être proche de la surface. Mais cela fait en général de bons terrains pour des fondations.

La terre sableuse

Une terre sableuse est une terre contenant une grande proportion de sable (particules de diamètre compris entre 0,06mm et 2mm) Le terrain sableux est très perméable. Il laisse

donc facilement circuler l'eau sans gonfler et limite fortement les effets du gel. C'est une terre qui se draine automatiquement.

L'eau assure la cohésion d'un sol. La terre sableuse manque donc de cohésion. Elle est souvent sèche et donc de faible inertie, elle suivra donc plus rapidement les variations climatiques.

Elle a une bonne capacité portante et est parfaite pour des fondations.

La terre limoneuse (grande proportion de silt)

La petite taille des particules de silt (entre 0,06 et 0,002mm) rend assez difficile la différentiation de la terre limoneuse avec l'argile. La terre limoneuse possède un bon degré de cohésion grâce à la friction des particules de silt. Cependant, en raison de leur perméabilité élevée, la terre limoneuse est plutôt sensible au gel. Elle est donc adaptée lorsque les fondations dépassent la profondeur hors-gel.

La terre argileuse

Il existe trois principales familles d'argile (particules de taille inférieur à 0,002mm): la kaolinite, l'illite, et la montmorillonite. La kaolinite est de couleur claire, grasse et stable à l'eau. L'illite est de couleur gris-blanc argentée et est un peu moins stable à l'eau. La montmorillonite, est très plastique mais très peu stable à l'eau.

La terre argileuse est souvent lourde car gonflée d'eau et a donc une grande inertie thermique. Elle est lente à se réchauffer au printemps, mais plus longue à se refroidir en hiver. Elle a donc tendance à adoucir le climat. Elle absorbe très lentement l'eau en gonflant et en devenant imperméable, elle la restitue aussi très lentement. Les pluies restent à sa surface en ravinant plus facilement tout autour.

La terre organique

On la trouve généralement dans les 35 premiers centimètres du sol. Parfois de couleur sombre : l'humus qui indique une décomposition avancée (appelée terre humifère), ou de couleur plus claire avec des parties végétales visible. C'est une terre qui change fortement de volume avec l'eau. Elle accepte jusqu'à 5 fois son volume d'eau et perd ainsi toute stabilité mécanique. Ses composants organiques font varier ses caractéristiques chimiques, mais on observe souvent une forte corrosion des matériaux mis à son contact. Bref, c'est une bien mauvaise terre qu'il faudra essayer de dépasser dans tous les cas avec les fondations. Les remblais sont souvent constitué par de la terre organique, il faut alors les retraverser et en profiter pour un mettre un sous-sol par exemple.

Résumé des propriétés physiques des sols :

Le nombre de sols différents est infini. On peut cependant les classer en fonction de leur pourcentage de particule de différentes tailles.

- la roche
- les cailloux de 200mm à 20mm
- les graviers de 20mm à 2mm
- les sables de 2mm à 0,06mm
- les silts 0,06mm à 0,002mm (donnent la terre limoneuse)
- les argiles de 0,002mm à 0,000001mm

La classification exacte en fonction des pourcentages existe. Mais elle demande de réaliser de sérieux calculs mathématiques sans grand intérêt ici vu la précision demandée. En voici l'essentiel en pourcentage de poids normalement (très assimilable au pourcentage de volume dans un bocal):

L'organique domine l'argile et le limon, qui dominent le sable et les graviers.

- Sol organique

Inférieur à 3 % d'organique : sol inorganique

entre 3 et 10 % d'organique : sol faiblement organique

entre 10 et 30 % d'organique : sol moyennement organique

supérieur à 30 % organique : sol très organique

- sol grenu

supérieur à 50 % de sable + gravier : sol grenu, la plus grande proportion donne son nom, l'autre est oublié (sable ou gravier)

inférieur à 5 % d'argile ou de limon : sans importance

entre 5 et 12 % d'argile ou de limon : obtient les qualités d'argileux ou limoneux

supérieur à 12 % d'argile ou de limon : est considéré comme de l'argile ou du limon

- sol fin

supérieur à 50 % d'argile + limon : sol fin

les pourcentage de limon ou d'argile sont très difficile à mesurer. On les sépare en générale à partir de leur limite de plasticité, ou par les tests effectué précédemment qui ne donneront qu'une vision qualitative du sol.

Les caractéristiques données par le tableau sont qualitatives. **Le positif est positif.**

- Une valeur élevée pour les fondations indique une bonne capacité portante. L'inverse indique simplement une faible capacité portante, voir un risque très fort de liquéfaction (transformation avec l'eau en sable mouvant qui absorbe le bâtiment).

- La perméabilité d'un sol indique si vous devez drainer efficacement ou non autour des fondations, si l'humidité aura tendance ou non à stagner le long des fondations.

- La résistance au gonflement indique si le sol aura tendance à remonter en présence d'eau, et créer ainsi des problèmes de tassements différentiels.

- La résistance au gel est la propriété de stockage de l'eau (indépendant de la perméabilité) Plus la terre peut absorber l'eau comme une éponge, plus elle risque de gonfler en cas de gel.

- Une entrée supplémentaire sur le tableau est celle de la plasticité. La plasticité d'une terre est sa capacité à subir des déformation sans casser ou sans même se fissurer. Cette valeur évolue avec la quantité d'eau du matériau. On la réalise uniquement sur la fraction de particule fine de la terre (on retire le sable et le gravier par décantation)

L'expérience de référence pour mesurer la plasticité d'une terre est celle d'Atterberg. Elle est assez bien codifiée, mais demande un investissement de plusieurs heures. Il peut cependant être nécessaire pour identifier un terrain.

Comme approximation, la plasticité dépend de la teneur en argile comme suivant :

Faible plasticité : - de 20 % d'argile

Moyenne plasticité : entre 20 et 50 % d'argile

Forte plasticité : plus de 50 % d'argile

		Désignation USCS	Ponts et chaussé	AASHO	Valeurs pour les fondations	Poids à sec	Perméabilité	Résistance au gonflement	Résistance au gel
GRAVIER ET SOL GRAVELEUX	Gravier Sable + gravier avec peu ou pas de particules fines	GW GP	Gb Gm	A-1	2	2	2	4	2
	Gravier limoneux Gravier + sable + limon	GM	GL	A-1 A-2-4 A-2-5	2	2	0	2	-1
	Gravier argileux Gravier + sable + argile	GC	GA	A-1-b A-2-4 A-2-5	2	2	-1	1	-1
SABLE ET SOL SABLEUX	Sable avec peu ou pas de particules fines Sable graveleux avec peu ou pas de particules fines	SW SP	Sb Sm	A -1 A- 3	2	1	2	4	2
	Sable limoneux	SM	SL	A-2-4 A-2-5	1	1	-1	2	-2
	Sable argileux	SC	SA	A-2-4 A-2-5	1	1	-1	1	-2
LIMON ET ARGILE	Argile inorganique de faible ou moyenne plasticité Argile graveleux non gras Argile sableux non gras Limon argileux non gras	CL	Ap	A-4	0	0	-2		-3
	Argile inorganique de forte plasticité Argile gras (kaolinite, de couleur claire)	CH	At	A-6 A-7	- 1	0	-2	-4	-2
	Limon argileux organiques de faible plasticité Limon organiques de faible plasticité	OL	Op	rien	- 1	0	-1		-3
	Limon inorganique Sol limoneux ou sableux	ML	Lp	A-4	- 2	0	0		-3
	Argiles organiques de moyenne à forte plasticité Limon organiques de moyenne à forte plasticité	OH	Ot	A-5 A-7	- 3	-1	-2	-4	-2
	Sable très fins (attention à la liquéfaction) Sable fins limoneux Sable fins argileux Limon inorganique de faible plasticité Limon argileux légèrement plastique	MH	Lt	A-5 A-7	- 5	0	0		-3
	Sols très organiques, tourbes	Pt	T	rien	- 10	0	0	-10	0

Recherche de la profondeur de couche rocheuse

Cette étape n'est importante que si les premières couches du sol semblent trop mauvaises pour asseoir les fondations. Les fondations qui touchent la roche sont stables. Mais souvent la roche est à plusieurs mètres de la surface et seules des fondations sur pieux pourraient facilement les atteindre, et ce type de fondation reste assez cher. On peut aussi imaginer un bâtiment au poids plus adapté au lieu. On n'impose pas la construction au lieu, mais c'est le lieu qui nous impose ses caractéristiques.

Si toutefois, il semble nécessaire d'atteindre la roche, il va falloir en évaluer la profondeur. Pour cela, on peut trouver directement la carte géologique au 25 000e de la région dans des boutiques spécialisé ou sur internet. Ces cartes résument en généralement assez bien les couches du sol. Reste alors à vérifier localement si ces informations sont exactes, et si le sol n'a pas fait l'objet de remblais (qui sont en général de très mauvaise qualité portante, et qu'il faut donc alors traverser avec les fondations)

Si l'on ne trouve pas cette fameuse carte, on peut essayer de la reconstruire localement comme le font les géologues. Il faut tout d'abord chercher un peu aux alentours si vous ne pouvez pas avoir quelques informations visuelles sur l'organisation des couches sous le sol. Armé d'une carte au 25 000e indiquant les reliefs et d'une paire de chaussure, il faut aller à la rencontre des carrières à ciel ouvert, des éboulements, des canyons, des falaises, des bords de rivières, des grottes ou juste des trous faits par le voisin. On observe les roches affleurantes ainsi que l'organisation des couches et leurs épaisseurs au dessus de cette roche.

Ensuite il faut regarder des cartes plus grandes, observer le relief, et imaginer comment il s'est formé: tectonique des plaques, érosion, sédimentation. Mais aussi, cas très important car lourd de conséquences, si le sol a été remblayé par de la mauvaise terre, des déchets...

En recoupant les informations, vous pourrez alors avoir une idée de profondeur de la roche et donc du coût des fondations.

Identifier les influences climatiques du lieu

Cette étape est très importante dans tous les cas car elle va permettre de dimensionner par la suite les fondations.

- Elle permet d'évaluer la profondeur hors gel.
- Elle permet d'évaluer les variations du degré d'humidité du sol.

A partir des discutions avec le voisinage, vous pouvez avoir déjà une bonne idée sur le micro-climat local. Le conseil du gâteau (on apporte un joli gâteau prétextant qu'on en n'a fait trop) pour une première visite aide souvent à connaître beaucoup sur un endroit. Pourquoi il a vraiment été vendu, que s'est il passé avant, les habitudes de l'ancien propriétaire. On peut ainsi découvrir un marais recouvert, une mare bouchée.

Le nom du lieu (officiel ou non) peut lui aussi être associé à un type de climat ou à un type de sol. Exemple :

- La parcelle de la prèle (l'ancienne végétation spontanée était vraisemblablement de la prèle).
- la rue du beurre (le seul endroit de la commune ou le beurre ne fondait pas dans les caves en été, lieu plutôt froid).
- la cuvette (endroit ou l'été les chaleurs stagnent).
- Villechenève (ancienne ville organisée autour des cultures de chanvre, climat adapté à la culture d'une telle plante).

En fonction de la nature et l'épaisseur des sols (argileux, sableux, limoneux, organique), et en étudiant ce qu'on appelle la flore spontanée, on peut avoir une bonne idée du taux d'humidité du terrain.

Les terres organiques ont tendances à retenir les eaux, donc à être assez humide. Mais ce type de sol est souvent situé dans la partie haute du sol, il suffit donc de le séparer

du bâti avec un sol d'apport de grosse granularité (type gravier). Ce sol d'apport servira alors de drainage en évitant les accumulations d'eau contre et sous les murs.

Les terres sableuses sont sèches et auto-drainantes.

Les terres argileuses peuvent agir comme une piscine. Elles risquent de garder l'eau en surface et de la diriger vers la maison. Il faut alors soigneusement réaliser des drains qui évacueront cette eau en un point plus bas que la maison.

Voici une méthode pour connaître le niveau moyen d'humidité d'un terrain. Elle consiste à étudier la végétation dite « spontanée ».

- La végétation de sol humide :, ficaire, renoncule rampante, tussilage, lierre terrestre, prèle des champs, cardamine des prés.
- La végétation de sol très humide (nappe d'eau près de la surface) : consoude officinale, houblon, reine des pré, joncs, carex, roseaux.
- La végétation d'un sol ni sec, ni humide : carotte sauvage, la grande marguerite

- La flore de très forte humidité, inondation périodique : frêne commun, aulne glutineux, chêne pédonculé, laîche espacée, laîche pendante, angélique des bois, eupatoire chanvrine, epilobe hirsute, fougère femelle.
- La flore d'humidité en profondeur, : bouleau pubescent, saule roux, saule à oreillettes, molinie bleue, laîche lisse, osmonde royale, sphaignes.
- La flore d'un sol sec et profond : le hêtre
- La flore d'un sol sec superficiel, humidité de l'air : chêne sessile, chêne pédonculé, houx, blechne en épi, polypode commun, mousse, lichen.
- La flore d'un sol instable : frêne commun, orme champêtre, érable sycomore, érable champêtre, noisetier, scolopendre, aspidie à cils raides, fougère écailleuse, gouet d'Italie.
- La flore d'un sol stable : hêtre, chêne

3. Dimensionnement des fondations

Nous avons désormais repéré les différents types de sol, et nous les avons différencié en fonction de leurs propriétés. Il faut donc

Pour pouvoir dimensionner soit même ses fondations, il faut tout d'abord bien comprendre la logique du problème du dimensionnement. Trois paramètres vont déterminer la taille de vos fondations : le climat, la nature du terrain, et le type de construction adoptée.

Le climat vous renseignera sur la rudesse de l'hiver pour ensuite connaître la pénétration du gel dans le sol. Il vous renseignera sur les pluies, et donc l'engorgement des terrain en eau.

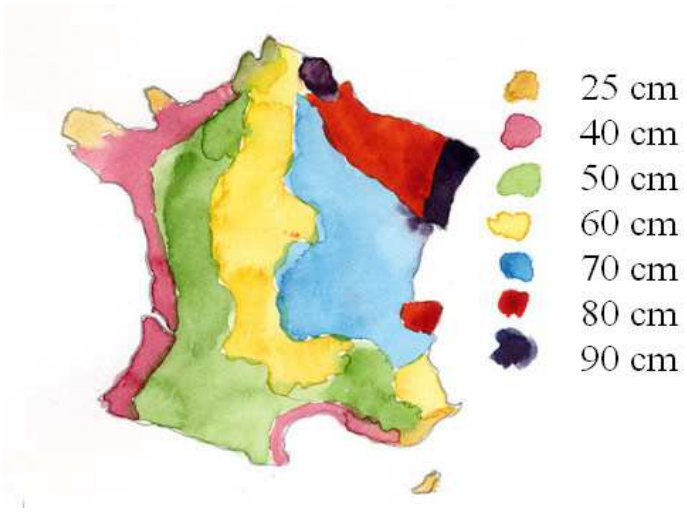
La nature des terrains vous apprendra à quelle profondeur il vous faudra chercher le sol capable de porter votre maison, et sur l'évolution des nappes d'eau qui montent et descendent avec les pluies retenues souvent par des couches imperméables.

Du type de la construction dépend les contraintes techniques à appliquer au sol, essentiellement le poids, le tassement différentiel autorisé, et la cohésion .

La profondeur

La profondeur des fondations pour un mur dépend du climat. En général, on se place à la profondeur hors gel quinquennale ou décennale. C'est-à-dire la profondeur de sol qui va strictement rester au dessus des zéros degrés pendant une période de 10 ou 50 ans. Il existe des cartes des profondeurs hors gel (distance à la mer) et des tableaux d'ajustement en fonction de l'altitude (3mm pour 100m).

Profondeur hors gel H :



Altitude de la construction [m]	0	100	200	300	400	500	600	700
Profondeur des fondations [cm]	H	H+0,3	H+0,6	H+0,9	H+1,2	H+1,5	H+1,8	H+2,1

Cette profondeur hors gel peut être légèrement modifiée en fonction de l'utilisation de la maison. Si la maison est habitée pendant les périodes de froid, les murs sont légèrement réchauffés et protègent légèrement du gel.

Pourquoi le gel est-il dangereux ? La plupart des sols qui contiennent une quantité de 25 % d'eau ne gonfleront que de 2% en cas de gel. Il existe cependant des types de sol appelés sols gélifs (que l'on repère à partir du tableau dans la partie propriétés physique des sols) qui par capillarité vont aspirer l'eau de la nappe pour geler. Il se forme alors des lentilles de glace qui gonflent très fortement le sol. C'est donc la perméabilité du matériaux qui définit si le sol est gélif ou non. Un sol très peu perméable ne sont pas gélif, car la remontée capillaire n'est pas assez rapide. Les sols très perméables ne sont pas gélif car il limite la hauteur d'ascension par capillarité.

La profondeur des fondations dépend de la proximité avec la nappe phréatique. C'est à dire le sol saturé en eau. En fonction des pluies, des sécheresses, et de la nature du sol, cette profondeur évolue. Il faut donc déterminer sa hauteur maximale sur une période de 10 ans, ou plus. Pour une habitation, un immeuble, il est rare que les géotechniciens regardent à plus de 10 ans. La raison est que le sur-coût serait beaucoup plus important (manque de données), que la garantie est décennale, et qu'en cas de problème, on peut toujours espérer que la raison soit alors classée catastrophe naturelle. Les changements climatiques actuels pourraient entraîner de fortes pluies en France. (Inversion du Gulf Stream, déplacement des zones touchées par la mousson, montée du niveau des mers…) Alors mieux vaut prévoir le plus que le moins…

On retient qu'il faut éviter de construire en zone humide, et qu'il est bon de trouver un point non inondable pour sortir l'eau de ses drains. Ensuite, si l'on construit sous la nappe d'eau ou si elle risque de remonter assez fréquemment au niveau des premières constructions, il faut prévoir d'étanchéifier (bitume, argile montmorillonite) les fondations de manière à radicalement empêcher les remontées d'eau. Il faut ensuite vérifier que la force d'Archimède ne risque pas de soulever le tout.

Une deuxième solution (qui n'est pas à conseiller) mais qui est très couramment utilisé pour les immeubles, est de prévoir un réseau de pompes pour aspirer l'eau et l'envoyer à une centaine de mètre. On crée ainsi un drain artificiel qui abaisse localement le niveau de la nappe d'eau.

La dernière solution est de prévoir des fondations inondables et de placer le bâtiment en hauteur. C'est la maison sur pilotis qui ne nécessite aucun drain, mais seulement une bonne surface d'appui (semelle large ou poteaux descendant jusqu'à une roche).

La largeur

Les tassements du sol

La largeur des fondations dépend du type de sol, notamment de la nature plus ou moins meuble des couches sous la maison. Le sol sous la charge de la maison risque de se tasser. (Si votre maison comporte un sous-sol, le poids de la terre enlevée peut être inférieur au poids final de la maison. Il n'y a alors aucun tassement) . Ce tassement est dû à la suppressions des vides entre les particules, à l'évacuation de l'eau entre les particules et à la réorganisation des grains entre eux. Les sols grenus se tassent presque instantanément sous la charge. Les sols fins sont très différents et beaucoup plus compliquée.

Pour un sol de « h » mètres d'épaisseur (hauteur entre la charge et la première couche considérée comme indéformable), voici les formules qui permettent de calculer le temps de tassement :

	Tassement de 50 %	Tassement de 99,5 %
Limons	T1 = 10 heures * h^2	T1 = 4 jours (100 h)* h^2
Argiles sableuses	T1 = 23 jours (550 h) * h^2	T1 = 7 mois (5500 h)* h^2
Montmorillonites	T1 = 4 mois (2700 h) * h^2	T1 = 3 an (27 000 h)* h^2
Illites	T1 = 23 jours (550 h)* h^2	T1 = 7 mois (5500 h)* h^2
Kaolinites	T1 = 12 jours (270 h)* h^2	T1 = 4 mois (2700 h)* h^2

Grenu	T1 = 0 heures	T1 = 0 heures

Le temps de tassement peut être accéléré par drainage verticale. Cela permet de retirer plus rapidement l'eau contenu dans le sol. La technique industriel pour de tel cas est de faire un trou de 30 cm de diamètre et de le remplir de sable. A vous d'adapter cette technique à votre imagination.

On peut aussi stocker sur le lieu de la construction des charges similaires au poids du bâtiment (bois, sable...)Cette technique est appelée pré-consolidation.

Un tassement homogène n'est pas dangereux pour une maison sur fondation rigide. Par exemple, le centre de Mexico à baissé de 7m en 50 ans sans faire plus de bruit. Le quartier des affaires de Honk-Kong descend de 30 cm par an, menaçant de passer sous le niveau de la mer.

5 cm de tassement homogène est la limite normalement admissible pour une maçonnerie pierre (la plus fragile)

Les tassements différentiels (un côté du bâtiment se tasse plus que l'autre) sont plus dangereux. Ils se produisent lorsque le centre de gravité d'un bâtiment rigide n'est pas au centre, ou lorsque les couches ne sont pas homogène sous le bâtiment. Mais un bâtiment bien conçu peut résister sans problème aux tassements différentiels. Par exemple une église du XVIIe siècle à Mexico s'est penchée de 1m 50 sans fissuration. La tour de Pise est un autre exemple de tassement différentiel.

0,1 cm par mètre est la limite normalement admissible pour une construction.

Enfoncement :

Un sol peut aussi se mettre à glisser dans le cas d'une charge trop importante.. Les petites particules n'ont plus assez de frottement interne pour rester en place, elles se déplacent donc sur les côtés pour laisser passer les fondations.

Le frottement interne entre les grains de sables ne varie pas avec la présence d'eau.

de la proximité avec les nappes d'eau ou des risques d'inondations. Plus le terrain est meuble ou sensible à la liquéfaction, plus les fondations seront larges pour éviter un basculement progressif du mur.

La largeur des fondations dépend des matériaux utilisés pour la structure de l'ouvrage. Le bois et le métal acceptent de bonnes déformations (matériaux de bonne plasticité) . La terre, la chaux, la pierre, le ciment se fissurent (matériaux de mauvaise plasticité).

La largeur des fondations dépend surtout du poids du bâtiment. Une maison en bois est en moyenne de 5 à 7 fois plus légère qu'une maison en béton ou en pierres. Ce poids n'est pas forcément réparti uniformément sur les fondations. Si vous sentez qu'une partie des fondations est soumises à de fortes contraintes, il faut mieux la sur-dimensionner. Des calculs exacts de descente de charges peuvent aussi être réalisé.

Descente de charge (bar) = poids total du bâtiment (tonnes) / surface d'appui des murs (m²)

Dimensionnement courant :

- un poteau d'une maison poteau poutre 60*60
- une semelle de mur en pierre, terre, béton 1,5*épaisseur du mur

Les problèmes de dimensionnement

Voici un résumé des problèmes occasionnés par un mauvais dimensionnement des fondations avec leur raison:

-Destruction progressive des fondations par oxydation (fer à béton au contact de l'eau), décomposition chimique (le bois peut pourrir), par l'action du gel (infiltration d'eau dans les fondation puis gel). Les fondations sont mal réalisées : soit elles sont trop poreuses, soit elles sont fissurées, soit elles sont réalisée avec une mauvaise protection générale. On peut remettre à nu les fondations, et les protéger sur les côtés.

-Glissement de terrain. Le poids de la structure ne sort plus du cône de glissement car le sol est plus meuble (présence d'eau). Les fondations ne sont pas assez profondes. On peut stabiliser le sol en le drainant de l'intérieur (tunnel horizontaux, arbres qui aspirent l'humidité) ou en le stabilisant (pieux résistants aux efforts tranchants ou arbres avec racines profondes)

-Soulèvement de la structure, destruction des joints des murs, fissuration des murs…. Les matériaux de la structure ne permettent que de faibles variations dimensionnelles. Deux raisons sont possibles. Les fondations étanches sous le niveau de la nappe font comme la coque d'un bateau, avec la montée des eaux, la poussée d'Archimède relève la structure. Les fondations sont donc trop profondes ou trop étanches. Le gel s'est infiltré sous les fondations et soulève partiellement la structure. Les fondations sont donc trop proches de la surface et le drainage semble inefficace.

-Affaissement progressif de l'ensemble. Le sol est encore trop compressible pour le poids de l'ouvrage. Le sol aurait pu être pré compressé. Les fondations auraient pu être plus profondes de manière à atteindre la couche plus dure (avec des poteaux ou des pieux) Les semelles auraient pu être plus larges. Si le tassement est homogène, il y a de fortes chances pour qu'il se stabilise sur 10 ou 15 ans.

-Tassement différentiel. Le sol est hétérogène, il résiste seulement en certain point à la charge appliquée. On peut relever les points les plus bas avec un cric. (Cela déjà été réalisé sur des immeubles entier : le palais de Justice d'Annecy a été relevé avec 12 crics hydraulique 20 ans après sa construction.)

-Basculement des murs, ou de tout l'ouvrage (exemple de la tour de Pise). Le sol est trop meuble pour la surface d'appui. Les semelles ont besoin de plus de largeur. On peut injecter un stabilisant dans le sol. Ce n'est pas une solution écologique.

4. Isolation, ponts thermiques, drainage des fondations

Isolation des fondations

Le coût de l'énergie augmentant comme la demande en confort, les variations climatiques changeant de plus en plus, il devient essentiel de s'isoler. L'interface entre les fondations et les murs, tout comme l'interface des murs avec la toiture ou les fenêtres sont le siège des ponts thermiques. Il faut donc penser les fondations avec leur isolation.

Pour éviter les ponts thermiques, il faut normalement chercher le contact entre l'isolation du sol et l'isolation des murs, mais ce n'est pas toujours possible.

Une isolation trop proche de la surface du plancher en limite l'inertie, et cela est souvent à éviter, mais peut être utile dans le cas d'une utilisation très temporaire des bâtiments. (Un refuge en montagne doit pouvoir se réchauffer très vite à l'arrivée des randonneurs. Et quand ils repartent le lendemain, il n'est plus nécessaire de maintenir la chaleur à l'intérieur.) Les matériaux utilisés en surface du plancher sont aussi très important pour son inertie et son effusivité.

Pour choisir son isolant, il faut se reporter à l'article sur les isolants.

Le hérisson

écologique +++, durabilité +++, résistance +++, isolation ++, coût +++, mise oeuvre +++

Le hérisson de la construction, c'est un lit de pierre qui avec ses espaces vides repousse l'humidité. On le place au sol sous une dalle ou sous des pierres.

Pourquoi on le fait avec des graviers ? Plus les vides sont grands, plus le hérisson est efficace. En comparaison, il faudrait entre 10 et 50 cm de gros sable, entre 50 cm et 2m de sable fin, ou plusieurs mètre d'argile pour avoir le même effet. Les graviers poreux (argile expansé, perlite ou vermiculite, agissent comme du sable.

La formule de Terzaghi permet de connaître l'épaisseur de gravier optimale :

$h = C/(e*D)$

avec h : épaisseur de gravier [cm]
D : diamètre efficace, c'est le diamètre équivalent de formes difformes [cm]
e : indice des vides, c'est la proportion de vide dans le sol [de 0 à 1]
C : constante caractéristique du sol [de 0,1 à 0,5 cm^2]

Drainage des fondations

Il faut attacher une attention particulière à la protection contre les remontées d'eau et d'humidité pour les fondations.

Lorsque la nappe d'eau n'affleure pas le sol, il reste les remontées d'eau par capillarité. Le hérisson stoppe son avancée.

Lorsque la nappe d'eau affleure le bas du hérisson, ou lorsque de l'eau est introduite dans le système par le haut (pluie ou autre), ou est amenée par les côtés (pente, couche d'argile,...)il faut évacuer l'eau à l'aide d'un drain.

Le drain est une conduite qui va canaliser l'eau pour la sortir en un point bas, et ainsi abaisser localement le niveau de la nappe.

Le drain tuyau PVC

écologique -, durabilité ++, résistance +, coût +, mise oeuvre ++

Le grand classique, c'est le tuyau (percé d'un coté ou entièrement percé) dans un lit de cailloux. Les petits trous permettent à l'eau de rentrer dans le tuyau. Le lit de cailloux permet d'augmenter la zone d'influence du drain (donc son efficacité) et permet d'éviter que des particules fines rentrent en contact avec le tuyau et en bouchent les trous. Mais cela arrive malheureusement assez souvent. C'est pourquoi le tuyau est parfois enveloppé dans un géotextile adapté. Le géotextile contient encore plus de petits trous qui filtrent l'eau et évite ainsi de boucher les trous du tuyau. Mais il arrive que certaines terres finissent par boucher complètement les trous du géotextile aussi. Le drain fonctionne alors de plus en plus mal, et en cas de fortes pluies, peu devenir inefficace et laisser soudainement l'eau entrer dans la maison.

- Le tuyau doit avoir un diamètre suffisant (6 à 10 cm) pour le climat et la surface qu'il protège.
- Le haut du tuyau doit être de plusieurs centimètres au dessous du bas du hérisson. La valeur exacte dépend de la distance avec le point le plus éloigné qu'il doit protéger, ainsi que de la perméabilité du sol. 10 cm sont en général largement suffisants.
- La sortie du drain ne doit pas pouvoir se boucher. Il arrive aux ruisseaux ou aux égouts de se boucher à l'automne avec les feuilles transportées par les eaux ruisselantes.
- Plus la pente du tuyau sera importante, plus il va permettre d'évacuer de gros débit sans se boucher (vitesse de circulation plus importante). Une pente de 3% est un minimum.
- Le tuyau doit être assez écarté des parois de terre pour reculer dans le temps son bourrage.
- On commence par creuser un trou d'un minimum de 30 cm de large, on dépose une fine couche de pierre concassée au fond (2 cm), on installe le tuyau tout en vérifiant les niveaux, on recouvre le tout par de la pierre concassé sur une hauteur de 30cm. On peut protéger les endroits de passage de véhicule ou de poids importants avec une dalle en béton coulé sur un géotextile ou par une pierre.

La méthode des tuiles

écologique +++, durabilité +++, résistance +++, coût +, mise oeuvre ++

L'avantage d'un drain en tuile, est qu'il ne se bourre jamais. Il utilise des matériaux plus sains pour le sol. (On retire rarement les drains PVC d'une maison à sa destruction, ils restent donc dans le sol pour quelques millénaires). Sa capacité n'est pas limitée par le diamètre d'un tuyau, mais par la taille du trou initial sous le hérisson dans lequel on ne prend que les espaces laissés libres.

Le désavantage est qu'il nécessite une pente plus élevée pour empêcher les accumulation de terre en surface de tuile.

- On creuse un trou, et l'on place les tuiles sur un lit de sable (cela évite qu'elles se cassent avec le poids), on remplit délicatement le trou avec des gros galets. Si l'on doit placer de la terre au dessus, il est préférable de protéger l'interface par un géotextile qui évitera la fuite de la terre à la première pluie.

5. Réalisation de fondations simples

Les fondations pour un vide sanitaire

Un vide sanitaire est créé par un plancher surélevé. Il peut être assimilé à un sous sol non habité de très basse hauteur, mais il est plus isolé que celui-ci. Il est normalement posé sur un mur de soubassement ou sur des plots. Son accès reste soit exceptionnel, soit il sert de lieu de stockage du bois pour séchage. Des grilles d'aération pour laisser échapper l'humidité sont placées sur les côtés. Elles sont protégées par des grillages pour empêcher le passage des rongeurs. On assimile souvent l'objectif du vide sanitaire au simple désir de s'abriter de la fraîcheur du sol et des eaux du sol (remplacer le drainage et le hérisson). La vérité est qu'une dalle, elle aussi est souvent isolé, et que l'on ne peut pas se passer de drainage autour de la plupart des fondations (sauf sur pilotis ou plots). Les raisons d'un vide sanitaire sont autres.

Les avantages d'un vide sanitaire :

- Il permet la réalisation d'un plancher en bois (sans utilisation de béton) qui peut être recouvert par une dalle de pierre (par exemple l'ardoise), de terre cuite ou plus industriellement de béton.
- L'accès aux canalisations est fortement facilité et permet leur entretien (fuite, déplacement pour une rénovation)
- On peut aussi facilement installer des systèmes annexes de confort ou de récupération d'énergie (VMC double flux, aspirateurs centralisé,...)
- L'isolation d'un plancher en bois est réalisée à partir d'un isolant léger de cloison (pouvoir d'isolation plus fort pour un moindre prix), on peut alors ajouter le traditionnel pare -vapeur ou freine vapeur.
- Le hérisson de pierre n'est pas nécessaire.
- Il est plus facile d'éviter les ponts thermiques.

Les désavantages d'un vide sanitaire

- A la construction, le vide sanitaire peut apparaître comme un léger sur-coût en raison du prix du bois (plancher). Au nord des États-Unis et au Canada, régions froides et pluvieuses où les maisons en bois constituent 90 % des constructions, ils sont présents dans presque toutes les maisons.

Les fondations pour un sous sol

Il faut reconnaître que le sous-sol est très souvent critiqué. En effet, en temps que cave ou garage, il peut être intéressant, mais utilisé comme espace de vie, il manque de lumière et reste assez humide. Il est, de plus, un sur-coût important à la construction d'une maison.

Le sol peut être brut, ou être une simple dalle non isolée. Les murs sont assimilés à des murs de soutènement.

Les fondations pour une dalle flottante

La première étape pour la réalisation d'une dalle flottante, est d'éviter les remontées d'humidité par capillarité. Pour cela il faut réaliser ce qu'on appelle un hérisson avec de la pierre concassée sur une épaisseur de 15 à 20 cm. En fonction de le granulométrie des cailloux, le hérisson va aussi jouer un rôle plus ou moins isolant. On place ensuite, ou un géotextile qui va retenir l'écoulement du mortier de la dalle dans le hérisson, ou un isolant compact qui résiste à l'humidité pour garder l'inertie de la dalle.

Dalle de béton

écologique -, durabilité +++, résistance +++, isolation -, coût -, mise oeuvre +

Le classique des classiques. Elle est souvent renforcé par une grille de fer (15*15cm) pour influencer agréablement ses nuits, et isolée avec du polystyrène, ou pire du verre cellulaire (5 cm au minimum). C'est la solution écologique par excellence. Ou du moins le concept actuel de l'écologie politique (Haute Qualité Environnementale). Pas cher dans l'instant, facile à faire et bien connu, avec un impact environnemental assez fort (bonjour le recyclage, l'énergie grise utilisée, et le rapport avec la nature modifié). On ne vous la conseille pas !!!

Dalle en ballot de paille

écologique +, durabilité +++, résistance +++, isolation +++, coût ++, mise oeuvre -

Il s'agit d'une dalle très rigide et bien isolée (R=36), avec un impact environnemental réduit. Il faut éviter de la placer sous les murs porteurs et essayer de limiter le poinçonnement avec des poteaux. Elle peut sans problème être placée sous des cloisons légères.

Pour comprendre ses bonnes qualités structurales, il faut imaginer que le béton sans la paille forme un ensemble de caissons renforcés aux arrêtes (bord arrondi des bottes de paille) reprenant les efforts pour les transmettre à la dalle du dessous qui les répartis ensuite dans le sol. Le contrefort des éléments est assuré par la paille qui, en outre, renforce l'intégralité du système (la paille résiste très bien à la compression, on peut même réaliser des murs porteurs en paille) La paille sert donc en premier lieu à créer des vides pour limiter une utilisation excessive du béton. Elle sert ensuite structurellement pour reprendre des efforts verticaux et horizontaux, ainsi que thermiquement pour isoler du sol.

L'ensemble pourrait donc être assimilé aux structures métalliques des anciens ponts de chemin de fer : structure filaire avec grande inertie.

- On réalise d'abord une première dalle fine (environ 4cm) en béton renforcé de paille
  (1 volume de ciment, 2 de sable, 4 de gravier, et un tout petit peu de paille hachée entre 10 et 15 cm : 5 à 10 % du volume)
- On couvre l'ensemble de ballots de paille espacés d'environ 4 cm
- On bouche les trous au ras des ballots avec un mortier crémeux (2 volumes de ciment, 1 de chaux, 9 de sable et un tout petit peu de paille hachée)
- On recouvre le tout d'une nouvelle dalle fine (environ 5 à 6 cm) en béton renforcé de paille.

Dalle de pierres

écologique -, durabilité +++, résistance +++, isolation +, coût ++, mise oeuvre +

Les fondations sur plots

La charge de l'ensemble de la maison va reposer sur la surface des poteaux. C'est donc une méthode adaptée pour les constructions légères qui nécessitent d'être protégées de l'humidité du sol. Par exemple les constructions en bois ou en paille, ou des constructions dans des marais.

Il arrive parfois que l'un des poteaux subisse un tassement différentiel après que la construction ait été réalisée. Il est alors facile de répondre au problème en utilisant un crique de voiture (700 kg) ou de camion (2t) pour soulever la maison, poser quelques cales et reposer l'ensemble. On a vu soulever un coin d'une maison ossature bois de 170 m² sur 2 étages de quelques centimètres avec un simple crique de camion.

Les plots sont posés sur des semelles isolées.

Pilotis en bois

écologique – ou ++, durabilité ++, résistance +, isolation +, coût ++, mise oeuvre ++

Les pilotis de bois doivent être protégée de l'humidité.

La première solution est de les faire reposer sur des pilotis d'un autre matériaux (pierre, béton) et d'intercaler une couche de protection de l'humidité entre (souvent une plaque de fer).

La deuxième solution consiste à utiliser des bois de classes 4 (comme ceux utilisés pour les pontons des lacs ou des bord de mer. L'acacia ou le robinier peuvent convenir. Il vont cependant souffrir, mais leur longévité peut être assez grande. Un bon système de drainage peut encore améliorer le tout.

La dernière solution consiste à enduire le bois avec une protection chimique.

Plots en béton

écologique -, durabilité +++, résistance +++, isolation -, coût -, mise oeuvre ++

Les plots en bétons sont les plus facile à réaliser. Ils sont souvent coulé avec un coffrage récupérable, par exemple une poubelle coupée en deux (pour pouvoir démouler) a laquelle on a retiré le fond.

Le béton doit être de bonne qualité pour résister à la pression. On peut intégrer directement des étrier d'acier pour la fixation de la suite de la construction.

Plots en pierres

écologique ++, durabilité +++, résistance ++, isolation -, coût +, mise oeuvre +

Les plots en pierre sont assez facile à réaliser. S'il sont assez larges, ou en forme de cône inversé, ils peuvent jouer le rôle de semelle. Il faut faire attention au poinçonnement en veillant à éviter les trous ou les comblant avec du mortier.

Les fondations pour murs de soutènement (solage)

Les murs de soutènement reposent sur des semelles filantes. Les semelles sont dimensionnées de manière à pouvoir recevoir la charge du mur. Ils doivent résister à la pression de la terre qui peut fortement augmenter en cas d'humidification du sol. Comme lors d'un glissement de terrain, le poids augmente tandis la cohésion diminue.

Si les murs de soutènement sont larges, ou s'ils sont posés sur des semelles larges, ils auront moins tendance à basculer. Une solution plus fiable est de placer régulièrement des angles qui reprendront alors les efforts horizontaux.

mur de soutènement en pierres

écologique ++, durabilité +++, résistance +++, isolation +, coût +++, mise oeuvre +

Le mur de soutènement en pierre est le plus pratiqué en éco-construction. Il possède en effet beaucoup de qualités, auxquelles il ne faut pas oublier d'ajouter ses qualités esthétiques. C'est quand même jolis les murs de pierres non ?

La semelle est réalisée avec les plus grosses des pierres. Comme dans tous murs en pierre, il faut faire attention à ne pas superposer les joints des pierres.

On étale une couche de mortier dans le fond (contre la terre ou contre un géotextile qui protège le drain). On peut éventuellement partir sans couche initiale de mortier pour éviter par exemple l'utilisation d'un geotextile, mais cela affaibli les fondations. Pour éviter le géotextile, il vaut mieux utiliser un mortier très dense.

On place ensuite les pierres. On bouche les trous avec de petites pierres et du mortier. Et on recommence.

mur des soutènement en bois cordé

écologique ++, durabilité +, résistance +++, isolation +++, coût ++, mise oeuvre +

La semelle de mur de soutènement en bois cordé ne peux pas être réalisée en bois cordé. Il faut alors passer par une semelle en béton, ou une semelle en pierre. Le mur de bois cordé est ensuite réalisé comme sur la fiche technique du bois cordé, à l'exeption d'une couche de mortier imperméabilisante de 4 cm en extérieur pour protéger le bois des variations trop forte d'humidité.

Mur de soutènement en pneus

écologique ++++, durabilité +, résistance +, isolation +, coût ++++, mise oeuvre +++

Pour faire un mur de soutènement en pneus de voiture, la technique est simple. Première étape, récupérer un bon stock de vieux pneus usagés, qui après avoir servis la société du toujours plus vite, toujours plus loin, vont pouvoir se reconvertir dans une fonction plus stable.

Ensuite, décaisser la terre à l'endroit que l'on souhaite consolider, puis poser une première rangée de pneus au sol contre le mur de terre à soutenir. Les pneus seront posés horizontalement (et non verticalement comme sur une voiture) et remplis de terre et de caillasse.

Après, on recommence, on pose une autre rangée en faisant bien attention de décaler les pneus pour que chaque pneu repose sur deux moitiés de pneus ... on remplit au fur à mesure de terre et on continue comme ça jusqu'à la fin ... La dernière rangée est remplie par des petits cailloux pour jouer le rôle de hérisson.

Les bords du murs sont en escaliers, ce qui peut prendre une surface un tantinet plus grande, mais qui permet une bonne stabilisation de l'ensemble. Les coins sont arrondis pour faciliter l'empilement chevauché.

Mur de soutènement en béton coulé classique.

Écologique -, durabilité +++, résistance +++, isolation +, coût ++, mise oeuvre +

Cette méthode est largement la plus utilisée. Elle à le gros désavantage d'utiliser énormément de béton.

Pour réaliser un mur en béton coulé, il faut d'abord réaliser un coffrage. Les planches de bois sont montée des deux cotés du mur (de 15 à 20 cm d'épaisseur) et fermement retenues au sommet. Il faut bien vérifier le niveau des planches de bois du sommet, car ce sont celle-ci qui serviront de support pour la maison ensuite. On retient l'écartement des planches tous les 40 cm environ. Attention aux efforts de poussée du béton liquide, et aux fuites. On installe ensuite des fer à béton ou des bambous, que l'on retient pour qu'il reste toujours à un distance minimum de 3 cm des bords. La semelle doit elle aussi être ferraillée par le fond pour éviter les fissurations. Elle est souvent réalisé en béton (et non en pierre) pour permettre une continuité des ferraillages. La terre peut servir de coffrage naturelle pour le fond ou pour la semelle.

On coule généralement le tout en deux temps. Les semelles dans un premier temps car elle sont plus large. On casse ensuite légèrement la surface du béton pour permettre une meilleur adhésion. On coule ensuite les murs. Après 3 jours, on peut retirer les coffrages. La capacité portante maximum du mur est normalement atteinte après un mois. Mais ce sont les sept premiers jours qui sont décisifs.

Mur de soutènement en béton de paille.

Écologique +, durabilité +++, résistance ++, isolation +, coût ++, mise oeuvre ++

On utilise la même méthode que précédemment, mais on retire les ferraillages. On remplace le béton classique par le béton armé paille.

mur de soutènement en parpaings

Écologique -, durabilité ++, résistance ++, isolation ++, coût ++, mise oeuvre ++

Le mur de parpaings est monté directement sur la semelle. Il est plus léger que le béton, et peut donc basculer de son pied d'estal. Il faut donc veiller à avoir une bonne qualité de liant ou à réaliser régulièrement des coins pour le maintenir.

La cabane dans les arbres

écologique ++++, durabilité ++, résistance +++, isolation +++, coût ++++, mise oeuvre -

Les racines de l'arbre vont naturellement servir de fondation. Les arbres à racines profondes ou larges sont donc plus adaptés. La sélection naturelle aidant, les vieux arbres ont des racines qui l'ont aidées à survivre jusqu'à aujourd'hui sans tomber, ils ont donc sûrement des racines bien implantées dans le sol. L'utilisation de plusieurs arbres permet de reprendre les efforts latéraux de la structure. Ils sont cependant source de mouvements différentiels à prendre en compte dans la future conception de la cabane.

6. Tests d'identification de terre

Vous trouverez dans cette partie le descriptif de différentes méthodes d'identification de la terre.

Le test du pif

C'est un test d'identification de consistance de la terre (grenu, fin).

Ça n'est pas bien sur le test le plus fiable, mais il faut reconnaître que c'est le test le plus simple et que, de plus, il est assez performant pour la plupart des terres.

On commence par séparer manuellement les gros cailloux et les graviers (supérieur à 2mm), puis si on a le courage les gros sables (supérieur à 1mm). On peut alors apprécier à l'oeil le pourcentage de chacune des familles et en déduire si le sol est grenu. Avec cet méthode, on repère aussi assez facilement un sol organique. On ne peux pas savoir si le sol est fin, car il faudrait séparer les grains à 0,06mm, ce qui ne peut se faire qu'avec des tamis à eau.

Le test du bocal

C'est un test d'identification de composition de la terre (gravier, sable, silt, argile, organique) .

Le test du bocal est l'un des plus performant. Il repose sur une technique de sédimentation. Il permet de connaître le pourcentage volumique des cinq principales classes de particules d'une terre : gravier, sable, silt, argile, organique.

Le choix d'un bocal svelte est un gain énorme en précision, car le gain en hauteur se traduit par un espacement

-On remplie un bocal avec un quart de terre et on complète avec de l'eau pure en laissant un petit espace d'air pour agiter plus facilement.

-On triture

-On referme et on agite comme un malade.

-On attend une heure et on agite de nouveau.

-Les sables se déposent presque immédiatement.

-Après 45 minutes, on peut mesurer la couche de silt.

-Et au bout de 8 heures, les argiles se sont déposées, et on peut enfin mesurer les différentes hauteurs

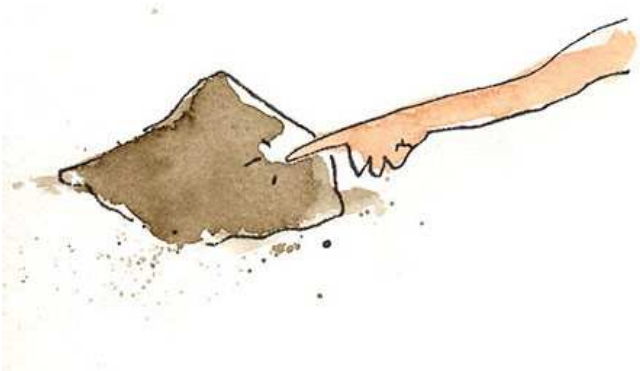
Remarque : La théorie de Stokes spécifie dans des conditions particulières (20 g de terre par litre d'eau) la vitesse des particules de taille inférieur à 0,1mm. Leur vitesse de chute est alors égale à :

$$vitesse[cm/s^2] = 9000 * D[cm]^2$$

Cette théorie s'éloigne légèrement de l'expérience donnée ici, mais fournit d'appréciable informations. On peut estimer le diamètre des grains à différentes hauteurs en fonction du temps qu'ils ont mis à tomber au fond du bocal d'eau.

Le test du toucher

C'est un test d'identification de consistance de la terre (argileux, limoneux, sableux).



C'est un test très subjectif mais qui mérite d'avoir la classe. On s'arrête, on ramasse un peu de terre dans les mains et avec les doigts, on la remue contre notre paume.

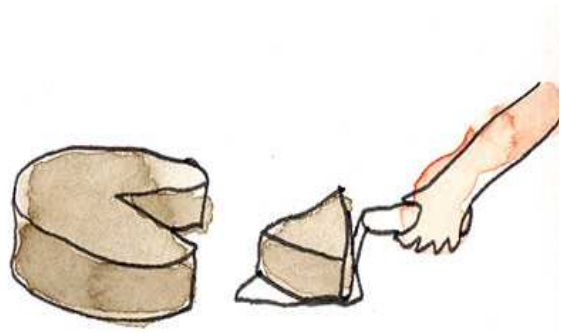
- La terre est sableuse si elle est rugueuse sans présenter de forte cohésion.
- La terre est limoneuse si elle est a une faible rugosité
- La terre est argileuse si elle reste en motte indestructible

On mouille légèrement la terre.

- La terre sableuse est bof
- La terre limoneuse devient de plus en plastique.
- La terre argileuse devient complètement plastique et collante.

Le test du goût et de l'odeur

C'est un test d'identification de consistance de la terre (argileux, limoneux, sableux).



Voici le test des gourmands. On prend un petit peu de terre et on la renifle en l'écrasant puis on la mange. Attention quand même aux différentes pollutions.

- Si elle sent le moisi, c'est terre organique. On peut vérifier nos déduction en humidifiant ou en chauffant la terre.
- Si elle laisse une impression pâteuse, farineuse, argileuse sur la langue, c'est une terre argileuse.
- Si la terre crisse désagréablement sous les dents, c'est une terre sableuse.
- Si la terre crisse agréablement sous les dents, c'est une terre limoneuse.

Le test du lavage de main

C'est un test d'identification de consitance de la terre (argileux, limoneux, sableux).

Très simple. Il suffit juste de sa laver les mains avec la terre.

- Si les mains se rincent facilement, c'est une terre sableuse.
- Si les mains laisse une impression de savon, difficile à rincer, c'est une terre argileuse.
- Entre les deux, c'est une terre limoneuse.

Le test d'adhérence à un couteau

C'est un test d'identification de consistance de la terre (fortement argileux, faiblement argileux, limoneux, sableux).

On fait une petite boule de terre humide de 3-4 cm de diamètre. On la malaxe jusqu'à ce qu'elle colle plus aux doigts. On enfonce la lame du couteau (comme pour tester si le gâteau est cuit)

- Si le couteau entre et sort facilement de la boule, tout en laissant des traces sur la lame, c'est une terre faiblement argileuse.
- Si Le couteau s'enfonce difficilement, tout en laissant des traces sur la lame, c'est une terre fortement argileuse.
- Si la lame ressort indemne et presque propre, c'est une terre sableuse ou limoneuse. On coupe alors la boule en deux.
    - Si la lame crisse, la terre est sableuse.
    - Si l'éclat de la terre est brillant, la terre est limoneuse.

Le test du rouleau de terre

C'est un test d'identification de consistance de la terre (fortement argileux, faiblement argileux, limoneux, sableux, organique).

Il s'agit d'un test de consistance qui mesure essentiellement la proportion d'argile de la terre.

- On confectionne a partir de la terre fine une petite boule de 2-3 cm de diamètre humide mais non collante.
- On la roule à la main et si le cordon casse avant d'atteindre un diamètre de 3mm on rajoute un peu d'eau et on recommence.
- Quand la terre se roule jusqu'au diamètre des trois millimètre sans se casser, on reforme la boule
- On écrase la boule

- La boule s'écrase sans se fissurer : c'est une terre fortement argileuse
- La boule s'écrase en se fissurant de partout : c'est une terre faiblement argileuse
- La boule est difficile à reformer : c'est une terre limoneuse
- La boule est spongieuse : c'est une terre organique.

Le test de la pâte à tarte

C'est un test d'identification de consistance de la terre (argileux, limoneux, sableux).

Le test de la pâte à tarte est efficace et rigolo. Il suffit d'humidifier une poignée de terre, et ensuite essayer de la rouler en pâte à tarte avec par exemple une bouteille.

Si la pâte peut être aplatie sur 2-3mm d'épaisseur, c'est un sol argileux.

Si la pâte est aplatie sur 3-5mm d'épaisseur, le sol est limoneux.

Si la pâte est ratée, le sol est sableux. (on peut faire varier la quantité d'eau pour vérifier l'hypothèse)

7. Références :

Livres

-**Maisons originales autoconstruites du Québec**
De michel Bergeron, édition L'oiseau Moqueur : ISBN 2-921039-01-X
Livre recessençant des dizaines de maisons autoconstruites avec photos, témoignages et conseils techniques. Une partie détaille des procédés alternatifs de fondations avec des photos (fondation dalle ciment/paille, bois cordé).

-**Traité de construction en terre**
De l'association CRATerre, édition Parenthèses : ISBN 2-86364-161-1 / 38€
Bible sur la terre, ce livre explique avec des dessins en autres toutes les méthodes d'identification de la terre, ainsi que quelque unes des méthodes classiques de fondations. Il vous servira ensuite pour réaliser des constructions en terre.